

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИММУНИТЕТА У ДЕТЕЙ В ПЕРИОД 2020-2021 гг.

Костарев С.Н.<sup>1,2,3</sup>, Серeda Т.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», г. Пермь, Россия

<sup>3</sup> ФКОУ ВО «Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний», г. Пермь, Россия

**Резюме.** Исследования изменений в иммунной системе подростков в период пандемии 2020-2021 годов недостаточно изучено. В работе исследованы показатели ПЦФМ в зависимости от возрастной группы детей и состояния иммуноглобулинов. Всего было классифицировано 12 категорий (3 возрастных категории и 4 категории, относительно состояния иммуноглобулинов).

Целью данной работы являлось исследование изменений показателей ПЦФМ иммунограмм протекающих в иммунной системе детей и подростков в период пандемии.

Методология работы была основана на анализе иммунограмм, включающих биохимические исследования и проточный цитофотометрический анализ.

Полученные результаты иммунологического статуса пациентов были разбиты на три возрастные категории. Лабораторная диагностика иммунной системы человека проводилась на основе серологического и проточного цитофотометрического анализа. В процессе исследований было проанализировано 250 проб. Иммунограммы были предварительно отсортированы по состоянию иммуноглобулинов А, М и G на четыре категории: отсутствие заболевания — R<sub>1</sub> при котором значения иммуноглобулинов А, М и G находились в референтном интервале, активная стадия болезни — R<sub>2</sub>, при котором иммуноглобулины А и М, вышли за границы референтного интервала, пассивная стадия болезни — R<sub>3</sub>, характеризующаяся состоянием иммуноглобулинов G и М и процесс выздоровления пациента — R<sub>4</sub>. В иммунограммах для исследования были выбраны восемь показателей проточного цитофотометрического анализа: лейкоциты, лимфоциты, Т-лимфоциты (CD3<sup>+</sup>), В-лимфоциты (CD19<sup>+</sup>), НК-клетки (CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>), Т-хелперы (CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>), НКТ-клетки и индекс иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>). Проведен количественный анализ отклонений данных показателей от референтного интервала у трех исследуемых возрастных групп в возрасте до 18 лет, проживающих в Пермском крае Российской Федерации во время пандемии 2020-2021 гг.

Результаты исследований показали, что в категории R<sub>1</sub> превышения наблюдались по Т- и В-лимфоцитам у старшей и младшей возрастных групп, по Т-хелперам и Индексу иммунорегуляции у младших возрастных групп. У пациентов категории R<sub>2</sub> наблюдались превышения по лейко-

---

**Адрес для переписки:**

Костарев Сергей Николаевич  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
614016, Россия, г. Пермь, ул. Революции, 52в, кв. 404.  
Тел.: 8 (906) 878-39-29.  
E-mail: iums@dom.raid.ru

**Address for correspondence:**

Sergey N. Kostarev  
Perm National Research Polytechnic University  
52v Revolution St, Apt 404  
Perm  
614016 Russian Federation  
Phone: +7 (906) 878-39-29.  
E-mail: iums@dom.raid.ru

---

**Образец цитирования:**

С.Н. Костарев, Т.Г. Серeda «Исследование параметров иммунитета у детей в период 2020-2021 гг.» // Российский иммунологический журнал, 2023. Т. 26, № 2. С. 161-172.  
doi: 10.46235/1028-7221-1212-SOI

© Костарев С.Н., Серeda Т.Г., 2023  
Эта статья распространяется по лицензии  
Creative Commons Attribution 4.0

**For citation:**

S.N. Kostarev, T.G. Sereda "Studies of immune parameters in adolescents over the period of 2020-2021", Russian Journal of Immunology/Rossiyskiy Immunologicheskii Zhurnal, 2023, Vol. 26, no. 2, pp. 161-172.  
doi: 10.46235/1028-7221-1212-SOI

© Kostarev S.N., Sereda T.G., 2023  
The article can be used under the Creative  
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-1212-SOI

цитам у старшей группы при пониженном уровне иммуноглобулинов, а также по индексу иммунорегуляции у младшей группы при повышенном уровне иммуноглобулинов. Т-лимфоциты имели понижение у средней группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. В-лимфоциты имели превышение у средней группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. У детей категории R<sub>3</sub> понижение наблюдается у индекса иммунорегуляции для старшей группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. При состоянии R<sub>4</sub> общее отклонение основных показателей иммунограмм уменьшается.

*Ключевые слова:* иммунограмма, иммуноглобулины, проточный цитофотометрический анализ, педиатрия, Т-хелперы, индекс иммунорегуляции

## STUDIES OF IMMUNE PARAMETERS IN ADOLESCENTS OVER THE PERIOD OF 2020-2021

Kostarev S.N.<sup>a, b, c</sup>, Sereda T.G.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

<sup>b</sup> Perm State Agro-Technological University named after Academician D. Pryanishnikov, Perm, Russian Federation

<sup>c</sup> Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, Perm, Russian Federation

**Abstract.** Changes of immune system in adolescents during the 2020-2021 pandemic have not been sufficiently studied. The paper concerns features of flow cytometric indexes among the children of different age groups and their immunoglobulin status. The cohort was classified into 12 categories (3 age subgroups, and 4 categories relative to immunoglobulin status). The aim of this work was to investigate changes in the immunograms among children and adolescents during the COVID pandemic evaluated by means of flow cytometry. The methodology of the present work was based on evaluation of immunograms including biochemical studies and flow cytometric analysis.

The results of immunological studies of the patients were classified into three age categories. Laboratory diagnostics of human immune system was performed by means of serological and flow cytometric analyses. A total of 250 samples were analyzed in the course of the study. Primary classification of immunograms was performed by immunoglobulin A, M and G status into four categories as follows: absence of disease (R<sub>1</sub>); immunoglobulin A, M, G values within the reference ranges and active disease (R<sub>2</sub>); immunoglobulin A and M beyond the reference ranges and passive disease stage (R<sub>3</sub>); immunoglobulin G and M status and patient recovery process (R<sub>4</sub>). Eight parameters of immune cells detectable by flow cytometry were chosen for evaluation: total leukocytes, lymphocytes, T lymphocytes (CD3<sup>+</sup>), B lymphocytes (CD19<sup>+</sup>), NK cells (CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>), T helper cells (CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>), NKT cells, and immunoregulation index (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>). Quantitative assessment of deviations for these indices from the reference values was performed in three distinct age groups under 18 years of age living in the Perm region of the Russian Federation during the pandemic of 2020-2021.

The results showed that, in the R<sub>1</sub> category, exceeding of reference values was observed for T cells and B cells in the older and younger groups. For T helper cells and immunoregulation index, the reference thresholds were exceeded in the younger groups. The R<sub>2</sub> patients had higher leukocyte levels in the older group along with lower immunoglobulin levels. The immunoregulation index in the younger group was accompanied by higher immunoglobulin levels. T cell levels were decreased in the middle group, along with reduced immunoglobulin levels. B lymphocyte values were elevated in the middle group with decreased immunoglobulin levels. In R<sub>3</sub> children, a decrease was observed in the immunoregulation index for the older group, with decreased immunoglobulin levels. In the R<sub>4</sub> category, the decreased overall deviation of the main immunogram indexes was revealed.

*Keywords:* immunogram, immunoglobulins, flow cytometry, pediatrics, T helper cells, immunoregulation index

## Введение

Большой круг вопросов и явлений, изучаемых в связи с иммунитетом, оказался сложным и многообразным. Иммунология изучает специфические и неспецифические защитно-адаптационные механизмы, обуславливающие и регулирующие гомеостаз среды организма. Кроме этого она изучает гуморальные факторы иммунитета (антитела, бактериоцидные свойства сывороток), клеточно-тканевые реакции (фагоцитоз, реактивность клеток) и общие физиологические процессы, обуславливающие состояние иммунитета. Большое внимание в иммунологии уделяется изучению природы и свойств антигенов, т. е. тех веществ, которые индуцируют общие иммунологические реакции (к ним относятся микробы, их токсины, белки, полисахариды и вирусы).

Исследованию иммунограмм в педиатрии в настоящее время уделяется большое внимание. Расшифровке показателей иммунограммы для определения стадии и завершенности инфекционно-воспалительного процесса посвящены работы [1, 2], в основе которой был проведен анализ отклонений иммуноглобулинов. Иммунные нарушения и обоснование их коррекции при гастроудените изучены в работе [5]. Исследованию влияния осложнений, связанной с коронавирусной инфекцией, посвящены работы [3, 4]. Распространенность новой коронавирусной инфекции среди детского населения изучалась в работах [6, 9]. Протекание коронавирусной инфекции у детей с избыточным весом изучалась в работе [7]. Исследованию пандемии в Пермском крае посвящена статья [8].

Были проведены исследования иммунограмм трех возрастных групп детей и подростков Пермского края в период пандемии 2020–2021 гг. При анализе иммунограмм также учитывалось отклонение норм иммуноглобулинов А, М и G. Состояние иммуноглобулинов показывает текущее состояние болезни, т. е. по взаимному количественному анализу иммуноглобулинов А, М и G был сделан вывод о переходном периоде прохождения болезни и выявлено отклонение лейкоцитарной формулы крови.

## Материалы и методы

В исследованиях использовалась теория интерпретации иммунограмм при воспалительных процессах [2]. Исследование пациентов и формирование данных для заполнения иммунограмм проводилось медицинским центром «Философия красоты и здоровья» (г. Пермь). Заборные пункты

для сбора данных для иммунограмм находились на территории Пермского края, включая краевой город Пермь и районные центры: города Губаха, Краснокамск и Соликамск. За период пандемии 2020–2021 гг., вызванной новой коронавирусной инфекцией вирусом атипичной пневмонии SARS-CoV-2, было обследовано 250 чел. Исследования проводились на основе серологического и проточного цитофотометрического анализа с использованием автоматического анализатора ILab Taurus. Материалом для исследования служила венозная кровь пациентов. При анализе показателей иммунитета использовались количественные показатели референсных интервалов, используемых в лаборатории медицинского центра «Философия красоты и здоровья». Показатели иммунограмм изучались для четырех групп пациентов, проживающих в Пермском крае, в зависимости от взаимного состояния иммуноглобулинов А, М и G.

## Результаты

### Исследование пандемии в Пермском крае

За период 2020–2021 гг. в Пермском крае наблюдалось три волны ухудшения эпидемиологической ситуации. Отсчетом начала эпидемии в Пермском крае было принято 1 марта 2020 года, когда начались фиксироваться первые случаи коронавирусной инфекции. 2 апреля 2020 года В. Путин издал указ «О мерах по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения на территории Российской Федерации в связи с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Первая волна прошла весной 2020 года, при которой наблюдалось около 300 случаев инфицирования в сутки. Вторая волна выпала на осенний период 2021 года, при которой уже было свыше 3000 инфицированных людей в сутки. К пиковому периоду пандемии в Пермском крае можно отнести осенне-зимний период 2021–2022 года, где каждый день фиксировалось более 3000 случаев заболевших. В настоящее время (2022–2023) 27 декабря 2022 г. в Пермском крае был зафиксирован подштамм Омикрона, новый штамм «Кракен». В весенне-зимний период 2022–2023 гг. наблюдается повышение вирусной активности, в связи с чем наблюдение и принятие профилактических мер является актуальной задачей.

### Кодировка параметров модели иммунограммы

Для формирования модели трансформации иммунограммы были взяты две группы параметров, характеризующие общую иммунную си-

стему человека. Состояние иммунной системы человека будет зависеть от состояния показателей проточной цифровой фотометрии (ПЦФМ) и также важным показателем является состояние системы иммуноглобулинов (Им), в зависимости от которого сформированы четыре категории иммунограмм. Для формализации элементов системы введены множества элементов (табл. 1).

В зависимости от набора показателей элементов системы иммунного анализа можно получать более точную картину иммунного состояния человека. Распишем упрощенную систему элементов, применяемую при составлении иммунограммы медицинским центром «Философия красоты и здоровья», г. Пермь. Для упрощения описания параметров иммунограммы была задана система идентификаторов (табл. 2).

#### Лабораторные исследования по изучению показателей иммунограмм иммунной системы

##### Возрастная группировка и исследование ПЦФМ от биохимических исследований на иммуноглобулины

Эксперименты были проведены на базе медицинского центра «Философия красоты и здоровья» (г. Пермь) в период 2020-2021 гг. Иммунограммы были отобраны для популяций детского и подросткового возраста от 0 до 18 лет. Для упрощения расчетов и лучшей обозримости результатов было сформировано три возрастные группы

с увеличением интервала, согласно закона Вебера–Фехнера. Исследования по анализу параметров ПЦФМ были сгруппированы по отклонениям иммуноглобулинов А, М и G от референтного интервала. Всего было исследовано 250 иммунограмм (табл. 3).

Далее был сделан анализ отклонения показателей ПЦФМ от биохимических исследований на иммуноглобулины для состояний иммунной системы  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$  (табл. 4, 5, 6, 7). Для обозначения превышения референтного интервала (РИ) использован символ  $\uparrow$ , для обозначения занижения референтного интервала использован символ  $\downarrow$ .

## Обсуждение

### Анализ показателей ПЦФМ иммунограмм от биохимических исследований на иммуноглобулины

При нахождении иммуноглобулинов А, G и М в референтном интервале (состояние иммунной системы  $R_1$ ) было обнаружено, что лейкоциты ( $n_1$ ) имели превышение 20% у младшей и 15% у старшей возрастных групп. Понижение лейкоцитов было незначительно. Лимфоциты ( $n_2$ ) достигали превышения до 50% у младшей возрастной группы. Понижение лимфоцитов было незначительно. Т-лимфоциты ( $CD3^+$ ) достигали превышения до 80% у старшей и младшей возрастных групп. В-лимфоциты ( $CD19^+$ ) дости-

ТАБЛИЦА 1. ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНОГРАММЫ

TABLE 1. FORMATION OF IMMUNOGRAM PARAMETERS

Кодировка массива Array encoding	Множество элементов Lots of elements
ПЦФМ = $\{n_1, n_2, \dots, n_7\}$	Множество элементов ПЦФМ Array of flow photometry indicators
Им = $\{A, M, G\}$	Множество элементов иммуноглобулинов Array Immunoglobulin
$R = \{R_1, R_2, R_3, R_4\}$	Множество категорий иммунограмм Array Immunogram: $R_1$ – отсутствие заболевания (иммуноглобулины А, М и G находятся в референтном интервале) $R_1$ – NO disease (state of Immunoglobulin's A, M and G normal) $R_2$ – активная стадия болезни (иммуноглобулины А и М вышли за границы референтного интервала) $R_2$ – Primary stage of the disease (Immunoglobulin's A and M exceeded the reference interval) $R_3$ – пассивная стадия болезни (иммуноглобулины G и М вышли за границы референтного интервала) $R_3$ – Secondary stage of the disease (Immunoglobulin's G and M are outside the reference interval) $R_4$ – процесс выздоровления пациента (иммуноглобулин IgG вышел за границы референтного интервала) $R_4$ – Patient recovery (Immunoglobulin IgG exceeded)

ТАБЛИЦА 2. ИССЛЕДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИММУНОГРАММЫ

TABLE 2. INVESTIGATED PARAMETERS OF THE IMMUNOGRAM

Параметры Parameters	Единицы измерения Units	Мнемоника Mnemonics
Иммуноглобулин А Immunoglobulin A	г/л g/L	A
Иммуноглобулин М Immunoglobulin M	г/л g/L	M
Иммуноглобулин G Immunoglobulin G	г/л g/L	G
Лейкоциты Leukocytes	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_1$
Лимфоциты Lymphocytes	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_2$
Т-лимфоциты (CD3 <sup>+</sup> ) T lymphocytes (CD3 <sup>+</sup> )	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_3$
В-лимфоциты (CD19 <sup>+</sup> ) B lymphocytes (CD19 <sup>+</sup> )	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_4$
NK клетки (CD16 <sup>+</sup> CD56 <sup>+</sup> ) NK cells (CD16 <sup>+</sup> CD56 <sup>+</sup> )	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_5$
Т-хелперы (CD3 <sup>+</sup> CD4 <sup>+</sup> ) T helpers (CD3 <sup>+</sup> CD4 <sup>+</sup> )	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_6$
НКТ-клетки NKT cells	$10^9/л$ $10^9/L$	$n_7$
Индекс иммунорегуляции (CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup> ) Immunoregulation index (CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup> )		$n_8$

ТАБЛИЦА 3. ГРУППИРОВКА ИММУНОГРАММ

TABLE 3. GROUPING OF IMMUNOGRAMS

Возрастной диапазон Age range	Группировка иммунограмм Grouping of immunograms							Количество Quantity
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>		R <sub>3</sub>		R <sub>4</sub>		
		↓	↑	↓	↑	↓	↑	
0-3	48	2	6	2	3	6	2	69
	69,57%	11,59%		7,25%		11,59%		
4-9	54	24	10	2	4	4	1	99
	70,1%	15,6%		7,8%		6,5%		
10-18	30	25	13	2	7	1	4	82
	36,5%	46,3%		10,9%		6,1%		
Всего по подкатегории Total by subcategory	132	51	29	6	14	11	7	250
Итого Total	132	80		20		18		250
	52,8%	32%		8%		7,2%		100%

**ТАБЛИЦА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЦФМ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ В РЕФЕРЕНТНОМ ИНТЕРВАЛЕ (СОСТОЯНИЕ R<sub>1</sub>)**

TABLE 4. STUDY OF A FLOW CYTOMETRY INDICATORS WHEN IMMUNOGLOBULINS ARE IN THE REFERENCE INTERVAL (R<sub>1</sub> STATE)

Показатель Index	Отклонение Deviation	Возрастные группы Age groups					
		0-3		4-9		10-18	
		РИ RI	%	РИ RI	%	РИ RI	%
n <sub>1</sub>	РИ RI	35	72,92	52	96,30	25	83,33
	↑	13	27,08	1	1,85	4	13,33
	↓		0,00	1	1,85	1	3,33
n <sub>2</sub>	РИ RI	24	50,00	45	83,33	28	93,33
	↑	24	50,00	1	1,85	1	3,33
	↓		0,00	8	14,81	1	3,33
n <sub>3</sub>	РИ RI	13	27,08	12	22,22	3	10,00
	↑	35	72,92	28	51,85	24	80,00
	↓		0,00	14	25,93	3	10,00
n <sub>4</sub>	РИ RI	8	16,67	18	33,33	1	3,33
	↑	40	83,33	34	62,96	28	93,33
	↓		0,00	2	3,70	1	3,33
n <sub>5</sub>	РИ RI	45	93,75	45	83,33	24	80,00
	↑	3	6,25	2	3,70	1	3,33
	↓		0,00	7	12,96	5	16,67
n <sub>6</sub>	РИ RI	8	16,67	35	64,81	28	93,33
	↑	40	83,33	6	11,11	1	3,33
	↓		0,00	13	24,07	1	3,33
n <sub>7</sub>	РИ RI	48	100,00	37	68,52	28	93,33
	↑		0,00	15	27,78	1	3,33
	↓		0,00	2	3,70	1	3,33
n <sub>8</sub>	РИ RI	9	18,75	36	66,67	15	50,00
	↑	39	81,25	4	7,41	3	10,00
	↓		0,00	14	25,93	12	40,00

ТАБЛИЦА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЦФМ ДЛЯ СОСТОЯНИЯ R<sub>2</sub>

TABLE 5. STUDY OF A FLOW CYTOMETRY INDICATORS FOR THE STATE R<sub>2</sub>

Показатель Index	Отклонение Deviation	Возрастные диапазоны Age groups											
		0-3				4-9				10-18			
		↓	%	↑	%	↓	%	↑	%	↓	%	↑	%
n <sub>1</sub>	PI RI	1	12,5	7	87,5	17	50,00	17	50		0,00		0
	↑		0		0		0,00		0	38	100,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>2</sub>	PI RI	2	25	6	75	15	44,12	19	55,88	28	73,68	10	26,32
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0	14	36,84	8	21,05
n <sub>3</sub>	PI RI	3	37,5	5	62,5		0,00		0	25	65,79	13	34,21
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0	25	73,53	9	26,47		0,00		0
n <sub>4</sub>	PI RI	2	25	6	75		0,00		0	19	50,00	19	50
	↑		0		0	30	88,24	4	11,76		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>5</sub>	PI RI	4	50	4	50	17	50,00	17	50		0,00		0
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0	26	68,42	12	31,58
n <sub>6</sub>	PI RI	1	12,5	7	87,5	18	52,94	16	47,06	12	31,58		0
	↑		0		0		0,00		0		0,00	14	36,84
	↓		0		0		0,00		0	12	31,58		0
n <sub>7</sub>	PI RI	4	50	4	50	30	88,24	4	11,76	29	76,32	9	23,68
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>8</sub>	PI RI	1	12,5	2	25	16	47,06	18	52,94	13	34,21		0
	↑		0	5	62,5		0,00		0		0,00	11	28,95
	↓		0		0		0,00		0	14	36,84		0

ТАБЛИЦА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЦФМ ДЛЯ СОСТОЯНИЯ R<sub>3</sub>

TABLE 6. STUDY OF A FLOW CYTOMETRY INDICATORS FOR THE STATE R<sub>3</sub>

Показатель Index	Отклонение Deviation	Возрастные диапазоны Age groups											
		0-3				4-9				10-18			
		↓	%	↑	%	↓	%	↑	%	↓	%	↑	%
n <sub>1</sub>	PI RI	3	60,00	2	40,00	3	50,00	3	50,00		0,00		0,00
	↑		0,00		0,00		0,00		0,00	7	77,78	2	22,22
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>2</sub>	PI RI	3	60,00	2	40,00	3	50,00	3	50,00	6	66,67	3	33,33
	↑		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>3</sub>	PI RI	2	40,00	3	60,00	3	50,00	2	33,33	3	33,33	3	33,33
	↑		0,00		0,00		0,00	1	16,67	3	33,33		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>4</sub>	PI RI	2	40,00	3	60,00		0,00		0,00	8	88,89	1	11,11
	↑		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>5</sub>	PI RI	3	60,00	2	40,00	3	50,00	3	50,00	5	55,56	24	266,67
	↑		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>6</sub>	PI RI	3	60,00	2	40,00		0,00	3	50,00		0,00	3	33,33
	↑		0,00		0,00	2	33,33	1	16,67	6	66,67		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>7</sub>	PI RI	3	60,00	2	40,00		0,00		0,00	5	55,56	4	44,44
	↑		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
n <sub>8</sub>	PI RI	2	40,00	3	60,00	1	16,67	3	50,00		0,00	2	22,22
	↑		0,00		0,00	2	33,33		0,00		0,00		0,00
	↓		0,00		0,00		0,00		0,00	7	77,78		0,00

ТАБЛИЦА 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЦФМ ДЛЯ СОСТОЯНИЯ R<sub>4</sub>

TABLE 7. STUDY OF A FLOW CYTOMETRY INDICATORS FOR THE STATE R<sub>4</sub>

Показатель Index	Отклонение Deviation	Возрастные диапазоны Age groups											
		0-3				4-9				10-18			
		↓	%	↑	%	↓	%	↑	%	↓	%	↑	%
n <sub>1</sub>	PI RI	4	50	4	50	2	40,00	1	20	1	20,00	4	80
	↑		0		0	2	40,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>2</sub>	PI RI	4	50	4	50	2	40,00	1	20	1	20,00	4	80
	↑		0		0	2	40,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>3</sub>	PI RI		0		0	1	20,00	2	40	2	40,00	2	40
	↑		0		0		0,00		0	1	20,00		0
	↓		0		0	2	40,00		0		0,00		0
n <sub>4</sub>	PI RI		0		0	4	80,00	1	20	3	60,00	2	40
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>5</sub>	PI RI	4	50	4	50		0,00		0	1	20,00	4	80
	↑		0		0	2	40,00	1	20		0,00		0
	↓		0		0	1	20,00		0		0,00		0
n <sub>6</sub>	PI RI		0		0	3	60,00	2	40	1	20,00	4	80
	↑	4	50	4	50		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>7</sub>	PI RI		0		0	3	60,00	2	40	3	60,00	2	40
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0
n <sub>8</sub>	PI RI	4	50	4	50	4	80,00	1	20	1	20,00	4	80
	↑		0		0		0,00		0		0,00		0
	↓		0		0		0,00		0		0,00		0

гали превышение свыше 90% у старшей и свыше 80% младшей возрастных групп. По клеткам (CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>) (n<sub>5</sub>) особых отклонений выделено не было. NKT-клетки имели превышение до 27% у средней группы. Т-хелперы (n<sub>6</sub>) и индекс иммунорегуляции (n<sub>8</sub>) имели значительное превышение у младшей возрастной группы. Т-хелперы имели занижение показателя до 25% у средней возрастной группы.

При отклонении иммуноглобулинов А и М – активная стадия болезни (состояние иммунной системы R<sub>2</sub>) было обнаружено, что лейкоциты (n<sub>1</sub>) были сильно завышены при пониженном уровне иммуноглобулинов у старшей возрастной группы. Лимфоциты (n<sub>2</sub>) имели понижение до 40% у старшей группы. Т-лимфоциты (CD3<sup>+</sup>) имели понижение свыше 70% у средней возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. В-лимфоциты (CD19<sup>+</sup>) имели превышение свыше 88% у средней возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. Клетки (CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>) (n<sub>5</sub>) также имели понижение до 75% при низком уровне иммуноглобулинов. Т-хелперы (CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>) (n<sub>6</sub>) имели занижение 32% при пониженном уровне и завышение 36% при повышенном уровне иммуноглобулинов у старшей группы. Отклонений NKT – клеток обнаружено не было. Индекс иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) (n<sub>8</sub>) достиг превышения 62% у младшей возрастной группы и 30% у старшей возрастной группы при превышении уровня иммуноглобулинов. Понижение индекса иммунорегуляции (до 35%) наблюдалось у старшей возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов.

При отклонении иммуноглобулинов G и M за границы референтного интервала, пассивная стадия болезни (состояние иммунной системы R<sub>3</sub>) было обнаружено, что лейкоциты (n<sub>1</sub>) имели большое превышение (свыше 75%) у старшей группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. Отклонения у лимфоцитов (n<sub>2</sub>) и клеток (CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>) (n<sub>5</sub>) не было обнаружено. Т-лимфоциты (CD3<sup>+</sup>) имели повышенное отклонение и старшей возрастной группы при повышенном уровне иммуноглобулинов. Отклонений В-лимфоцитов (CD19<sup>+</sup>) обнаружено не было. Т-хелперы (CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>) (n<sub>6</sub>) имели превышения 35% и 65% у средней и старшей групп при пониженном уровне иммуноглобулинов, а также превышение 15% у средней группы при повышенном уровне иммуноглобулинов. Индекс иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) (n<sub>8</sub>) имел понижение 75% у старшей группы и повышение 35% у средней воз-

растной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов.

При процессе выздоровления пациента (иммуноглобулин IgG вышел за границы референтного интервала) (состояние иммунной системы R<sub>4</sub>) было обнаружено, что показания по лейкоцитам и лимфоцитам были идентичны, которые имели превышение до 35% у средней группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. Т-лимфоциты (CD3<sup>+</sup>) имели повышенное отклонение у старшей возрастной группы при повышенном уровне иммуноглобулинов и понижение до 40% при пониженном уровне иммуноглобулинов. У В-лимфоцитов (CD19<sup>+</sup>) отклонений не выявлено. Клетки (CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>) (n<sub>5</sub>) имели превышение (50%) и понижение уровней (35%) у средней возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. Т-хелперы (CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>) (n<sub>6</sub>) имели превышение у младшей группы при повышенном и пониженном уровне иммуноглобулинов. Отклонений у Индекса иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) (n<sub>8</sub>) обнаружено не было.

## Заключение

Было проведено исследование трансформации иммунной системы детей и подростков в период 2020-2021 годов на примере Пермского края Российской Федерации. Исследование проводилось по трем возрастным группам по 8 показателям проточного цитофотометрического анализа. От взаимного состояния иммуноглобулинов иммунограммы были разбиты на четыре группы, по которым проведено исследование отклонения показателей проточного цитофотометрического анализа.

Результаты исследований показали, что в категории R<sub>1</sub> (при отсутствии отклонений иммуноглобулинов А, М и G от референтного интервала) наибольшие превышения от референтного интервала наблюдались у Т-лимфоцитов (CD3<sup>+</sup>) у старшей и младшей возрастных групп, у В-лимфоцитов (CD19<sup>+</sup>) достигали у старшей и младшей возрастных групп. У младших возрастных групп по Т-хелперам (CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>) и Индексу иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>), что свидетельствует о гиперактивности иммунитета. У пациентов категории R<sub>2</sub> (находящихся в активной стадии болезни) наблюдалось также наибольшее превышение референтного интервала по лейкоцитам у старшей возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов, а также по Индексу иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) у млад-

шей возрастной группы при повышенном уровне иммуноглобулинов. Т-лимфоциты (CD3<sup>+</sup>) имели понижение у средней возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. В-лимфоциты (CD19<sup>+</sup>) имели превышение у средней возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. У детей, находящихся в пассивной стадии болезни (R<sub>3</sub>), наблюдаются у Индекса иммунорегуляции (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) для старшей возрастной группы при пониженном уровне иммуноглобулинов. Т-лимфоциты (CD3<sup>+</sup>) имели повышенное отклонение у старшей возрастной группы при повышенном уровне иммуноглобулинов. Наибольшие превышения от референтного интервала были обнаружены у старшей возрастной группы по лейкоцитам и Т-хелперам. При состоянии R<sub>4</sub> (процесс выздоровления пациента) общее отклонение основных

показателей иммунограммы уменьшается. В некоторых случаях зафиксировано одновременно превышение и понижение однотипных показателей при одинаковых условиях.

#### Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках реализации программы деятельности НОЦ мирового уровня «Рациональное недропользование».

#### Благодарности

Выражается благодарность руководителю отдела продаж Медицинского центра «Философия красоты и здоровья» Оксане Владимировне Комягиной за консультационные услуги и информационную поддержку.

## Список литературы / References

1. Ананьина О.С. Значение иммунограммы для определения стадии и завершенности инфекционно-воспалительного процесса // Электронный сборник научных трудов «Здоровье и образование в XXI веке», 2008. Т. 10, № 1. С. 33-34. [Ananyina O.S. The value of the immunogram for determining the stage and completeness of the infectious-inflammatory process. *Elektronnyy sbornik nauchnykh trudov "Zdorovye i obrazovanie v XXI veke"* = *Electronic Collection of Scientific Papers "Health and Education in the XXI Century"*, 2008, Vol. 10, no. 1, pp. 33-34. (In Russ.)]
2. Зуева Е.Е., Русанова Е.Б., Куртова А.В., Рыжак А.П., Горчакова М.В., Галкина О.В. Иммунная система, иммунограмма: рекомендации по назначению и применению в лечебно-диагностическом процессе. СПб. – Тверь: Триада, 2008. 60 с. [Zueva E.E., Rusanova E.B., Kurtova A.V., Ryzhak A.P., Gorchakova M.V., Galkina O.V. Immune system, immunogram: recommendations for the appointment and use in the diagnostic and treatment process]. St. Petersburg –Tver: Triada, 2008. 60 p.
3. Иванова О.Н. Постковидный синдром у детей // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. № 9-2 (111). С. 35-39. [Ivanova O.N. Post-covid syndrome in children. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* = *International Research Journal*, 2021, no. 9-2 (111), pp. 35-39. (In Russ.)]
4. Иванова О.Н., Иванова И.С. Спектр осложнений у пациентов после инфекции SARS-CoV-2 // Наукосфера, 2022. № 11-1. С. 58-63. [Ivanova O.N., Ivanova I.S. Spectrum of complications in patients after SARS-CoV-2 infection. *Naukosfera* = *Science Sphere*, 2022, no. 11-1, pp. 58-63. (In Russ.)]
5. Щербак В.А., Витковский Ю.А., Кузник Б.И. Иммунные нарушения и обоснование их коррекции при хроническом гастродуодените у детей // Медицинская иммунология, 2008. Т. 10, № 1. С. 59-66. [Shcherbak V.A., Vitkovsky Yu.A., Kuznik B.I. Immune disturbances and substantiation of their correction in the children with chronic gastroduodenitis. *Meditinskaya immunologiya* = *Medical Immunology (Russia)*, 2008, Vol. 10, no. 1, pp. 59-66. (In Russ.)] doi: 10.15789/1563-0625-2008-1-59-66.
6. Cai J., Xu J., Lin D., Zhi Y., Lei X., Zhenghai Q., Yuehua Z., Hua Z., Ran J., Pengcheng L., Xiangshi W., Yanling G., Aimei X., He T., Hailing C., Chuning W., Jingjing L., Jianshe W., Mei Z. A case series of children with 2019 novel coronavirus infection: clinical and epidemiological features. *Clin. Infect. Dis.*, 2020, Vol. 71, no. 6, pp. 1547-1551.
7. D'Auria E., Calcaterra V., Verduci E., Ghezzi M., Lamberti R., Vizzuso S., Baldassarre P., Pendezza E., Perico V., Bosetti A., Zuccotti G.V. Immunonutrition and SARS-CoV-2 infection in children with obesity. *Nutrients*, 2022, Vol. 14, no. 9, 1701. doi: 10.3390/nu14091701.

8. Kostarev S.N., Kochetova O.V., Tatarnikova N.A., Sereda T.G. Study of the human infectious safety model under the influence of SARS-CoV-2 on the example of the Perm Krai of the Russian Federation. *E3S Web of Conferences*, 2021, Vol. 282, 06005. doi: 10.1051/e3sconf/202128206005.

9. Zare-Zardini H., Alemi A., Taheri-Kafrani A., Ahmad Hosseini S., Soltaninejad H., Hamidieh A.A., Karamallah M.H., Farrokhifar M., Farrokhifar M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children: prevalence, diagnosis, clinical symptoms, and treatment. *Int. J. Gen. Med.* 2020, Vol. 13, pp. 477-482.

---

**Авторы:**

**Костарев С.Н.** – д.т.н., профессор кафедры Информационных технологий и автоматизированных систем ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»; профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова»; профессор кафедры зоотехнии ФКОУ ВО «Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний», г. Пермь, Россия

**Серeda Т.Г.** – д.т.н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», г. Пермь, Россия

**Authors:**

**Kostarev S.N.**, PhD, MD (Technique), Professor, Department of Information Technology and Automated Systems, Perm National Research Polytechnic University; Professor, Department of Life Safety, Perm State Agro-Technological University named after Academician D. Pryanishnikov; Professor, Department of Animal Science, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, Perm, Russian Federation

**Sereda T.G.**, PhD, MD (Technique), Professor, Department of Life Safety, Perm State Agro-Technological University named after Academician D. Pryanishnikov, Perm, Russian Federation

---

Поступила 26.12.2022  
Отправлена на доработку 17.01.2023  
Принята к печати 26.05.2023

---

Received 26.12.2022  
Revision received 17.01.2023  
Accepted 26.05.2023